

По полученным данным можно сделать вывод, что экспериментальная кривая намагничивания соответствует справочным данным, а удельные потери в исследуемом образце выше установленных ГОСТом величин, что свидетельствует о возможном браке материала или о нарушении межлистовой изоляции.

Список литературы

1. ГОСТ 21427.2-83. Сталь электротехническая холоднокатаная изотропная тонколистовая. Технические условия; введ. 1984-01-01. М. : Изд-во стандартов, 1992. 17 с.
2. ГОСТ 21427.1-83. Сталь электротехническая холоднокатаная анизотропная тонколистовая. Технические условия; введ. 1984-01-01, М. : Изд-во стандартов, 1992. 14 с.
3. International Standards Applied to Magnetic Alloys and Steels, Hugh J. Stanbury // IEEE Transactions on Magnetics. February 2010. Vol. 46. No. 2.
4. Казаджан Л. Б. Магнитные свойства электротехнических сталей и сплавов / М. : Наука и технологии, 2000. 224 с.
5. Stahl-Informationen-Zentrum, “Electrical steel sheet and strip”, Publication 401-E, 2008.
6. Andersson O., Hofecker P. Advances in Soft Magnetic Composites – Materials and Applications. PowderMet2009, 2009.
7. Дружинин В. В. Магнитные свойства электротехнической стали / М. : Энергия, 1974. 240 с.

УДК 621.746

Козловских Е. Ю.¹, Доронин А. В.², Богомолова А. Л.¹, Земляной К. Г.¹
Уральский федеральный университет¹, ООО «Промышленная инновация»²,
evgen210891@mail.ru

ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ С МОКРОЙ ГАЗООЧИСТКИ ФЕРРОСПЛАВНЫХ ЗАВОДОВ

За последние годы в Казахстане накоплено порядка 1,6 млрд т твердых бытовых и промышленных отходов. Ежегодно в республике образуется порядка 4–5 млн т твердых бытовых отходов и порядка 700 млн т промышленных отходов, из них токсичных – около 250–300 млн т. Несмотря на ежегодный рост объемов образуемых отходов, утилизируется и повторно используется лишь небольшая их часть – порядка 20 %, а весь остальной объем размещается на полигонах. Поэтому переработка и утилизация шлаков и отходов различных производств является актуальным и обязательным элементом безотходной технологии, так как способствует ресурсосбережению, а также снижению загрязнений окружающей среды.

Например, Актюбинский завод ферросплавов (АЗФ) перерабатывает шлаковые отходы, которые ранее лежали горами, и пыль с содержанием хрома разносилась по степи, либо попадала в Илек. Позже АЗФ стал практиковать опрыскивание этих отвалов специальным средством, обеспечивающим пылеподавление, но проблему накопления отвалов это не решало.

На сегодняшний день только в Актюбинской области остаются более 830 млн т накопленных отходов вскрышных пород Донского ГОКа, 12 млн т

шлаков рафинированного феррохрома АО «АЗФ» и 9 млн т шламов АО «АЗХС». В основном они хранятся на базе самих производств, на нескольких специальных полигонах, некоторые из которых не выдерживают предъявляемых требований. В целом, в промышленных областях существует более тысячи свалок, на которых размещено свыше 4 млн всевозможных отходов.

Особый интерес в плане переработки представляют шлаки и шламы ферросплавного производства, которые содержат значительное количество ценных компонентов, используемых в различных отраслях промышленности, – хром, никель, марганец, кремний и другие.

В данной работе предложен метод гидрометаллургической переработки отходов феррохромового производства сернокислотным выщелачиванием с целью получения хромового концентрата (Cr_2O_3) и раствора сульфата магния (MgSO_4). Этот метод позволяет извлекать из отходов ценные металлургические составляющие с целью их дальнейшей переработки.

Проба для исследования была отобрана в АО «Актюбинский завод ферросплавов». Основной продукцией завода являются ферросилиций, силикомарганец, феррохром углеродистый, ферромарганец углеродистый.

Ферросплавные печи бывают открытыми и закрытыми. В открытых печах газ, выделяющийся в процессе плавки ферросплавов, улавливают с помощью зонта, расположенного над печью. В открытом сечении зонта с помощью дымососа создают разрежение. При этом вместе с газами в зонт всасывается воздух, и происходит сгорание составляющих газа при смешивании их с кислородом воздуха. Образуются большие объемы (до 400 тыс. $\text{м}^3/\text{ч}$) газовой воздушной смеси, имеющей температуру до 300 °С.

Экспериментальная часть

Для исследования была использована хромовая пыль уноса от печи 41 Пц-4 АО «Акт3Ф», уловленная мокрой газоочисткой.

Химический состав исходного сырья представлен в табл. 1.

Таблица 1

Состав пыли уноса

Содержание, мас. %									
Влага	Cr_2O_3	K_2O	ZnO	SO_3	CaO	MgO	MnO	FeO	SiO_2
45,7	17,57	0,19	0,29	5,08	0,56	46,84	0,8	14,24	14,02

Исследования проводили методом мокрого (гидрометаллургического) выщелачивания растворами минеральных кислот и гидросульфата аммония. В ходе исследования определяли оптимальные условия выщелачивания – температуру, соотношение Т:Ж и концентрацию реагентов для получения максимальной степени и скорости извлечения. Контроль проводили по изменению массы образцов и химическому составу кеков и растворов.

Результаты первой стадии экспериментов представлены в табл. 2.

Извлеченные продукты выщелачивания

Реагент	Концентрация, %	Т:Ж	Температура, °С	Время, мин	Кислотоупорный остаток, %	Извлечение в раствор Cr
Серная кислота	25	1:13	кипение	120	26,7	есть
Серная кислота	20	1:15	68	60	29,0	нет
Соляная кислота	20	1:10	68	60	25,7	есть
Гидросульфат аммония	11,10	1:25	68	60	20,0	нет
Сульфат аммония*	50	1:15	кипение	60	65,0	нет
Сульфат аммония	42,85	1:12	кипение	60	1,98	нет

* образец предварительно обжигался при 600 °С в течение 2 ч

По наименьшему весу остатка, а также отсутствию извлечения экологически опасного Cr был выбран наиболее перспективный способ выщелачивания – серной кислотой при 68 °С и гидросульфатом аммония при 68 °С.

Для выбранных способов выщелачивания подобрали оптимальные условия выщелачивания (температура, время, Т:Ж, концентрация), обеспечивающие минимальный расход реагентов при минимальной массе оставшегося кислотоупорного остатка.

При выщелачивании серной кислотой при оптимальных условиях получили кислотоупорный кек: концентрат оксида хрома содержащий, мас. %: Cr_2O_3 47,00; SiO_2 29,18; Fe_2O_3 14,96; MgO 5,72.

При выщелачивании гидросульфатом аммония при оптимальных условиях получили кислотоупорный кек: концентрат оксида хрома содержащий, мас. %: Cr_2O_3 46,55; SiO_2 15; Fe_2O_3 17,07; MgO 16,74.

Полученный концентрат пригоден для использования на стекольных заводах как заменитель руды хромовой, так как соответствует, например, стандарту организации ОАО «Алексинский стекольный завод», на огнеупорных заводах для производства хромсодержащих огнеупоров и в производстве феррохрома как заменитель хромового концентрата, так как соответствует ТУ СТ ТОО 40588598-07-2008.

Переработка полученных растворов заключается в осаждении известковым молоком примесей железа и алюминия в виде гидрооксидов и их фильтрацией.

Далее из растворов сернокислотного выщелачивания возможно получение сульфата магния 7-водный марки: технический, ТУ 2141-025-32496445-01. Полученный сульфат магния используется в большом количестве в ОАО «Менделеевский химический завод им. Л. Я. Карпова» и др. предприятиях.

Из растворов, содержащих гидросульфат аммония, возможно получение основного карбоната магния, соответствующего ТУ 2144-027-05761270-2005 «Магний углекислый основной технический», с возможностью последующей переработки в оксид магния для огнеупорной, керамической, резинотехнической, электротехнической отраслей промышленности.

Выводы

1. Исследованы способы гидрометаллургической переработки хромовой пыли ферросплавных заводов и определены из них два самых перспективных: сернокислотный и гидросульфатный гидрометаллургические способы переработки.

2. Определены оптимальные условия для проведения сернокислотного и гидросульфатного выщелачивания.

3. Для сернокислотного способа получены образцы продукции, соответствующие техническим требованиям, предъявляемым в промышленности: руда хромовая и сульфат магния 7-водный марки: технический.

4. Для гидросульфатного способа получены образцы продукции, соответствующие техническим требованиям, предъявляемым в промышленности: концентрат хромовый и магний углекислый основной технический.

УДК 662.76

Коновалов Д. С., Белоусова О. А.
Уральский федеральный университет,
belilaei@mail.ru

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ГАЗИФИКАЦИИ БУРОГО УГЛЯ

Быстрое развитие производственных сил связано с большим расходом топлива и углеводородного сырья, неравномерность и сложность добычи горючих ископаемых сопровождается ростом цен, увеличением транспортных расходов и материальных затрат. В связи с этим технология газификации угля имеет стратегическое значение для России, поскольку наша страна располагает более 20 % мировых запасов угля. Однако до настоящего времени в России пока не создано ни одной промышленной энергетической установки с газификацией угля полного цикла. Переход к технологиям глубокой комплексной переработки угля позволяет решить проблемы экологической безопасности и экономической эффективности угольной энергетики, использования ресурсов бурых углей, не находящих широкого применения в настоящее время.

Рассмотрим процесс газификации с получением так называемого «горячего» генераторного газа, имеющего температуру на выходе из газогенератора $T = 300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Газогенераторные станции горячего газа имеют следующие преимущества:

- просты по устройству, сооружение их не вызывает больших капиталовложений, так как в них отсутствует оборудование для охлаждения и очистки газа, громоздкое смоляное хозяйство и очистка сточных вод;

- имеют высокий КПД и низкие эксплуатационные расходы (небольшой штат, невысокий расход энергии, малые амортизационные отчисления), позволяют получать дешевый газ;

- отсутствуют вредные, трудно очищаемые сточные воды, являющиеся существенным недостатком станций «холодного» газа.